

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет імені Івана Франка

Г.Г. ЗЛОБІН, Р.Є. РИКАЛЮК

# АРХІТЕКТУРА ТА АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕОМ

*Рекомендовано  
Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник  
для студентів вищих навчальних закладів*

Третє видання, стереотипне

Київ «Каравела» 2016

УДК 004.7(075.8)  
ББК 32.973я73  
З 14

Гриф надано  
Міністерством освіти і науки України  
(лист № 14/18.2-115 від 20.01.2005 р.)

**Автори:**

**Злобін Григорій Григорович,**  
кандидат технічних наук, доцент  
Львівського національного університету ім. І. Франка;  
**Рикалюк Роман Євстахович,**  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
директор центру інформаційних технологій  
Львівського національного університету ім. І. Франка.

**Рецензенти:**

**Лізунов П.П.,**  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри основ інформатики  
Київського національного університету будівництва і архітектури;  
**Чаплига В.М.,**  
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри  
економічної кібернетики Львівського банківського інституту.

**Злобін Г.Г., Рикалюк Р.Є.**

**З 14 Архітектура та апаратне забезпечення ПЕОМ:** Навч. посібн. –  
3-тє вид. – К.: Каравела, 2016. – 224 с.

**ISBN 978-966-8019-41-5**

У навчальному посібнику викладені історія розвитку комп'ютерної техніки, основи алгебри логіки, головна елементна база сучасних ПЕОМ. Розглянуто принципи роботи сучасних процесорів, запам'ятовуючих та периферійних пристроїв, систему шин, базову систему вводу-виводу. Подано інформацію про апаратне забезпечення ПЕОМ: відеосистему, дискову підсистему, обладнання для локальних та глобальних мереж та засоби Multimedia.

Посібник призначений для студентів природничих і технічних факультетів вищих навчальних закладів та всіх, хто цікавиться інформатикою та обчислювальною технікою.

**УДК 004.7(075.8)**  
**ББК 32.973я73**

**ISBN 978-966-8019-41-5**

© Злобін Г.Г., Рикалюк Р.Є., 2016  
© Видавництво «Каравела», 2016

# ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	<b>6</b>
<b>Розділ 1. Архітектура ЕОМ</b> .....	<b>22</b>
1.1. Позиційні системи числення і їх використання в обчислювальній техніці .....	22
1.2. Основи алгебри логіки.....	25
1.3. Елементи комп'ютерної схемотехніки.....	30
1.3.1. Цифрові комбінаційні пристрої.....	30
Головні логічні елементи та вузли.....	30
RS-тригери з роздільним установленням 0 та 1 .....	31
D-тригер (затримки).....	32
JK-тригер (універсальний).....	32
T-тригер (лічильний).....	33
Селектор/Мультиплексор .....	33
Регістр .....	34
Лічильник.....	36
Шифратор .....	37
Дешифратор.....	38
Суматор .....	39
Контрольні запитання.....	42
1.4. Класифікація архітектур обчислювальних систем .....	43
1.4.1. Класифікація за взаємодією ЦП, ОП, ПП.....	43
1.4.2. Класифікація за взаємодією потоку команд і потоку даних.....	47
1.4.3. Класифікація за функціональним призначенням .....	49
1.4.4. Класифікація за способом організації виконання команд.....	49
1.5. Види сучасних ЕОМ .....	52
1.5.1. СуперЕОМ .....	52
1.5.2. Робочі станції.....	54
1.5.3. Серверні ЕОМ .....	55
1.5.4. Кластери.....	58
1.5.5. Промислові і вбудовувані в обладнання ЕОМ.....	61
1.5.6. Персональні ЕОМ .....	62
Контрольні запитання.....	62

1.6. Архітектура сучасних мікропроцесорів.....	63
1.6.1. CISC-архітектура.....	68
Організація пам'яті в x86-процесорах .....	69
Розширення архітектури x86.....	73
64-бітний режим.....	74
1.6.2. RISC-архітектура.....	75
1.6.3. MISC-архітектура.....	77
1.6.4. Багатоядерні процесори.....	79
1.6.5. Системи на кристалі .....	79
1.6.6. Гібридні процесори – APU (Accelerated Processing Unit).....	81
1.7. Вбудовуване системне програмне забезпечення (firmware).....	82
1.7.1. BIOS.....	82
1.7.2. Extensible Firmware Interface.....	83
1.7.3. Open Firmware (OpenBoot) .....	84
1.7.4. Coreboot.....	84

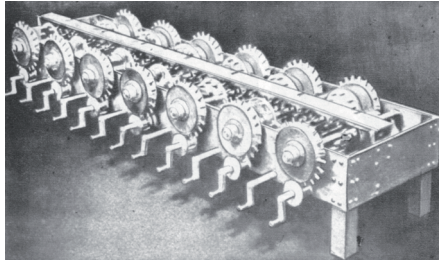
## **Розділ 2. Загальні принципи побудови ПЕОМ ..... 86**

2.1. Будова IBM-подібних ПЕОМ.....	86
2.1.1. Системна плата.....	89
Оперативна пам'ять .....	93
Система шин.....	101
Системні засоби вводу-виводу.....	104
Клавіатура .....	104
Кординатно-вказівні пристрої (mouse, track-boll, touch-pad) .....	106
Паралельні інтерфейси .....	108
Інтерфейс RS-232 .....	109
Інтерфейс USB.....	109
Інтерфейс IEEE 1394 (FireWire).....	111
Інтерфейс Serial Attached SCSI .....	112
Інтерфейс Thunderbolt.....	112
Бездротові інтерфейси.....	112
Інтерфейс Bluetooth.....	112
Інтерфейс Near Field Communication.....	113

Цифровий звуковий канал.....	113
2.1.2. Відеосистема ПЕОМ.....	118
Дисплеї.....	119
Сенсорні дисплеї.....	125
Сенсорні панелі на базі поверхневих акустичних хвиль.....	129
Оптичні сенсори на базі відеокамер.....	130
Відеопроєктори.....	132
Графічні контролери.....	134
2.1.3. Диска підсистема.....	139
Принципи магнітного запису даних.....	139
Магнітні диски.....	142
RAID-масиви.....	150
Оптичні диски.....	153
2.1.4. Живлення ПЕОМ.....	162
2.2. Особливості ПЕОМ фірми Apple.....	171
2.3. Мобільні ПЕОМ.....	173
Контрольні запитання.....	175
<b>Розділ 3. Апаратне забезпечення ПЕОМ.....</b>	<b>176</b>
3.1. Пристрої друку.....	176
3.2. Пристрої уведення графічних зображень в ПЕОМ.....	183
3.3. Пристрої на базі флеш-пам'яті.....	194
3.4. Пристрої архівування даних.....	201
3.5. Приймачі TV/FM-сигналів.....	203
3.6. Обладнання для локальних і глобальних мереж.....	203
3.6.1. Обладнання для локальних мереж.....	204
3.6.2. Обладнання для бездротових мереж.....	207
3.6.3. Обладнання для роботи в глобальних мережах.....	215
Контрольні запитання.....	222
<b>Список літератури.....</b>	<b>223</b>

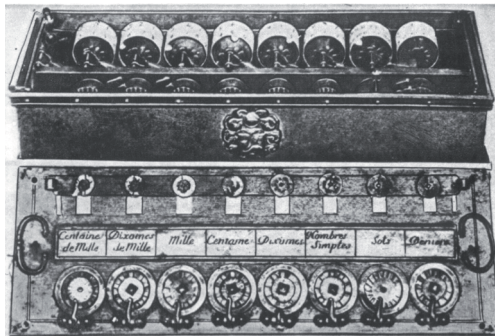
## ВСТУП

Електронно-обчислювальні машини (ЕОМ) з'явилися у сорокових роках ХХ-го сторіччя. Однак пристрої для проведення обчислень люди почали конструювати значно раніше. Зовсім недавно дослідники знайшли у щоденниках Леонардо да Вінчі (1452-1519) ескіз підсумовувальної машини на зубчастих колесах, спроможної додавати 18-розрядні десяткові числа. Спеціалісти ІВМ відтворили цей ескіз у металі і машина виявилась працездатною!



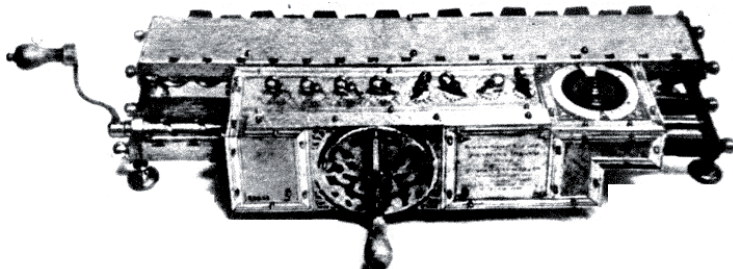
*Рис. 1.1. Підсумовувальна машина Леонардо да Вінчі*

На початку 17-го сторіччя німецький вчений Вільгельм Шіккард (1592-1636) у листі Йоганну Кеплеру подає малюнок лічильної машини для сумування і множення 6-розрядних десяткових чисел. Про це також стало відомо у наші дні. У 1617 р. Джон Непер розробив дерев'яний арифмометр. Для полегшення роботи із обчислення податків Блез Паскаль у 1642 р. створив механічний пристрій для виконання операцій додавання і віднімання – “паскаліну” (спочатку 6 десяткових розрядів, згодом 8 десяткових розрядів). Було створено більше 50 зразків.



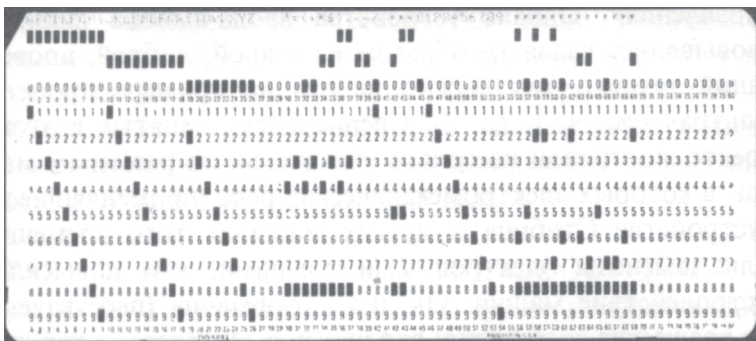
*Рис. 1.2. Машина Паскаля*

В 1673 р. німецький вчений Вільгельм Готфрід Лейбніц створив “арифметичний прилад” для додавання, множення і ділення 12-рядних десяткових чисел.



*Рис. 1.3. Машина Лейбніца*

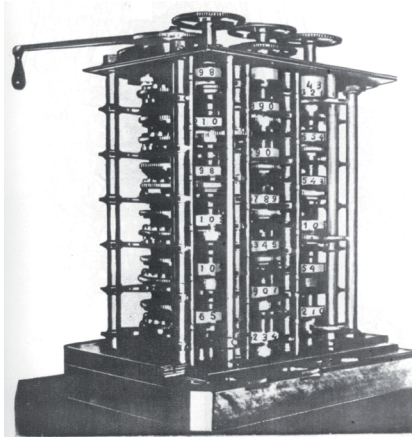
У Франції в 1799 р. Жозеф Марі Жакар винайшов ткацький верстат з перфокартами для задання узору – майже через два століття перфокарти масово використовувались для уведення даних і програм в ЕОМ.



*Рис. 1.4. Перфокарта для ЕОМ серії ЕС-10xx*

В 1795 р. Гаспар Проні за дорученням французького уряду розробив технологічну схему обчислень (I етап – розробка числових методів, II етап – задання послідовності арифметичних дій [програмування], III етап – обчислення) для переходу на метричну систему мір, чим заклав основу для автоматизації обчислень.

У 1812 р. англійський математик Чарлз Беббедж запропонував ідею створення механічної різницевої машини для табулювання поліномів.

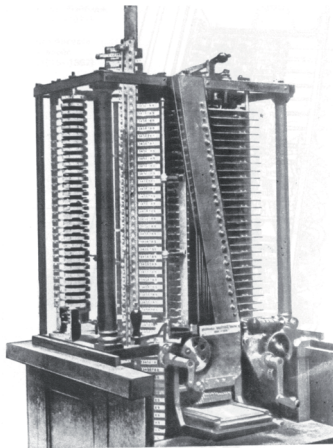


*Рис. 1.5. Різницева машина Беббеджа*

Поєднавши ідею механічної машини з принципом програмного керування згодом Чарлз Беббедж запропонував проект „аналітичної машини”, яка мала складатися з таких пристроїв:

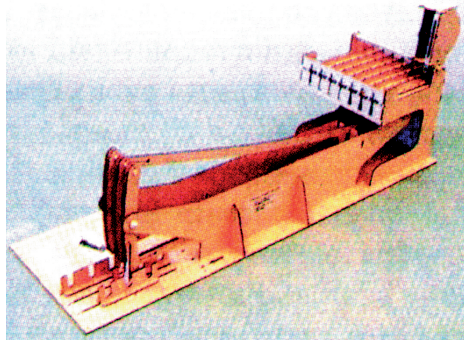
- арифметичного (4 арифметичні дії, команда умовного переходу);
- запам’ятовуючого (1000 50-розрядних регістрів на зубчастих колесах);
- керування;
- вводу-виводу.

Внаслідок великої складності цей проект не був реалізований.



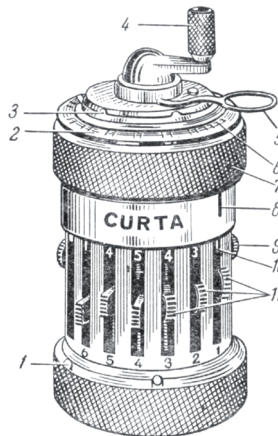
*Рис. 1.6. Прототип аналітичної машини*

В 1840 р. англієць Томас Фаулер розробив і виготовив із дерева обчислювач, який ґрунтувався на трійковій системі числення



*Рис. 1.7. Обчислювач Фаулера, відтворений Марком Глоссером*

До сорокових років двадцятого сторіччя для обчислень використовували механічні обчислювачі – арифмометри. Технологія арифмометрів була настільки добре відпрацьована, що були створені навіть кишенькові моделі



*Рис. 1.8. Кишеньковий арифмометр*

В 1875-1880 роках американець Герман Холеріт винайшов машину-табулятор, яка опрацьовувала дані з перфокарт. Г. Холеріт заснував компанію, яка у 1911 р. стала називатись IBM (International Business Mashines Corporation).

У 1906 р. Лі Ді Форест розробив вакуумний триод, а в 1918 р. професор М.О. Бонч-Бруєвич сконструював двостабільну електронну схему на двох вакуумних триодах – тригер.

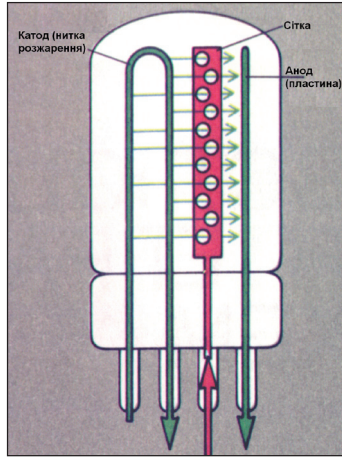


Рис. 1.9. Вакуумний триод

У часи другої світової війни у Німеччині, Англії і США велися роботи по створенню обчислювальних пристроїв для військових потреб. В Німеччині у 1937 р. Конрад Цузе розробив механічну машину Z1 (двійкова система числення, мантиса – 15 двійкових розрядів, порядок – 7 двійкових розрядів, оперативна пам'ять 64 слова, площа 2 кв.м.). У 1938 р. Z2 – додано пристрій вводу даних і програми з перфорованої кінострічки, а арифметичний пристрій був побудований на телефонних реле.

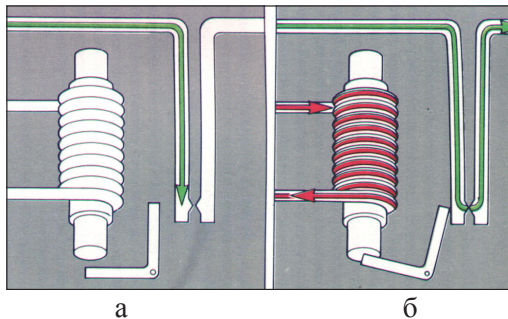
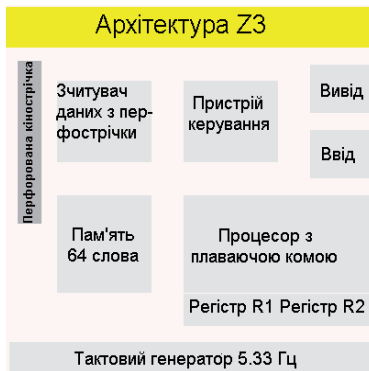
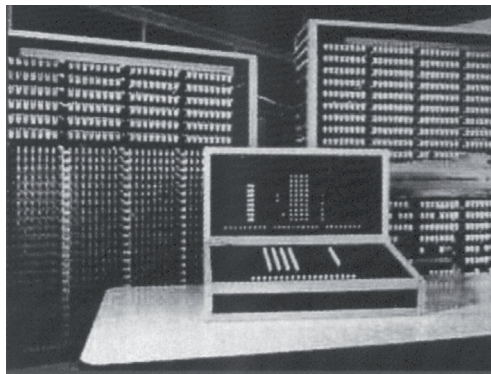


Рис. 1.10. Реле – елементна база ЕОМ Z2–Z4

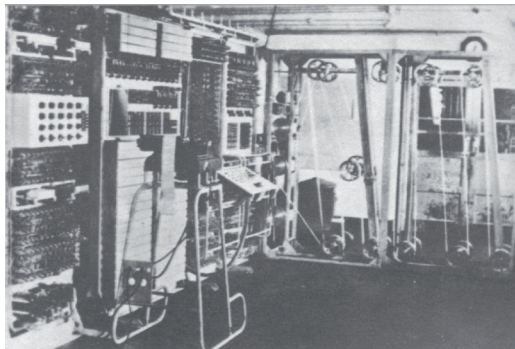
а – через котушку реле струм не проходить, контакти розімкнені,  
б – через котушку реле проходить струм, контакти замкнені

В 1937 р. К. Цузе отримав німецький патент Z23139/GMD Nr.005/021 на архітектуру обчислювача з двійковою системою числення. Обчислювач складався з процесора та оперативної пам'яті програм і даних. У 1941 р. була створена машина Z3 (2000 реле), а у 1945 р. – Z4. Для розрахунку крил ФАУ-1 і ФАУ-2 К. Цузе створив спеціалізовану релейну машину S2. Машину S3 використовували для керування ФАУ-1 і ФАУ-2 під час польоту. Роботи К. Цузе були засекречені, про них взнали через кілька років після II світової війни.



*Рис. 1.11. Релейна EOM Z3 і її архітектура*

В Англії у 1936 р. Алан Тьюрінг запропонував теоретичні основи побудови обчислювальних машин (машина Тьюрінга), а у 1942-1943 рр. під керівництвом Алана Тьюрінга була створена спеціалізована електронна машина “Колосс” (2000 ламп) для розшифрування німецьких радіограм.



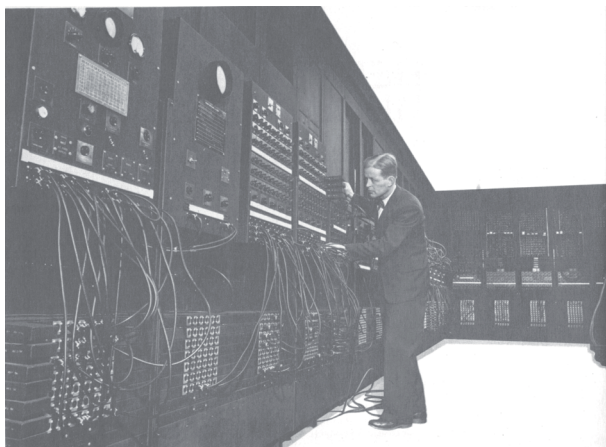
*Рис. 1.12. Спеціалізована машина “Колосс”*

В 1949 р. Моріс Уїлкс розробив електронну ЕОМ ЕДСАК послідовної дії з двійковою системою числення і оперативною пам'яттю на ртутних трубках. На основі ЕДСАК у 1953 р. була створена перша у світі комерційна серійна ЕОМ ЛЕО.



*Рис. 1.13. Серійна ЕОМ “ЛЕО”*

У 1945 р. в США Дж. Мочлі і Дж. Преспер Еккерт завершили розробку електронної машини ЕНІАК з десятковою системою числення (10 розрядів [десяткових], обсяг електронної пам'яті – 20 слів, площа 156 кв.м.), яка була призначена для розрахунку таблиць стрільби артилерійських гармат (рух тіла під кутом до горизонту з урахуванням опору повітря, напрямку вітру, температури повітря тощо).



*Рис. 1.14. ЕОМ “Еніак”*

У цьому ж році Дж. Мочлі, Дж. Преспер Еккерт і Джон фон Нейман розпочали розробку нової машини – ЕДВАК. У 1946 р. у науковій

статті Неймана, Голдстайна і Бернса були викладені основні принципи побудови електронно-обчислювальних машин:

- ЕОМ повинні ґрунтуватись на двійковій системі числення;
- програма повинна міститись в оперативному запам'ятовуючому пристрої, час доступу до ОЗП повинен бути співмірним з часом виконання арифметичних операцій;
- програма і числа повинні записуватись у двійковому коді;
- дані повинні розміщуватись в ОЗП;
- арифметичний пристрій будується на основі схем, які виконують операцію додавання (інші операції зводяться до багаторазового додавання), операції над усіма розрядами двійкового слова виконуються одночасно (паралельний принцип організації обчислювального процесу).

Слід зауважити, що ще у 1941 р. Джон Атанасов і Кліффорд Беррі розробили проект електронної обчислювальної машини з двійковою системою числення і оперативною пам'яттю на конденсаторах (сучасна динамічна оперативна пам'ять є великим масивом мікроскопічних конденсаторів).

У 1947 р. Волтер Браттейн, Джон Бардін і Вільям Шоклі створили експериментальний зразок транзистора – основного елемента для ЕОМ II покоління.

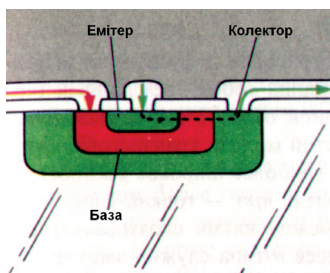


Рис. 1.15. Транзистор – елементна база ЕОМ другого покоління

У Радянському Союзі роботи з створення ЕОМ розпочав С.О. Лебедєв – у грудні 1951 р. держкомісія прийняла до експлуатації ЕОМ МЭСМ, яка складалась з пристроїв:

- арифметичного;
- управління;
- оперативної пам'яті;
- введення;
- виведення.

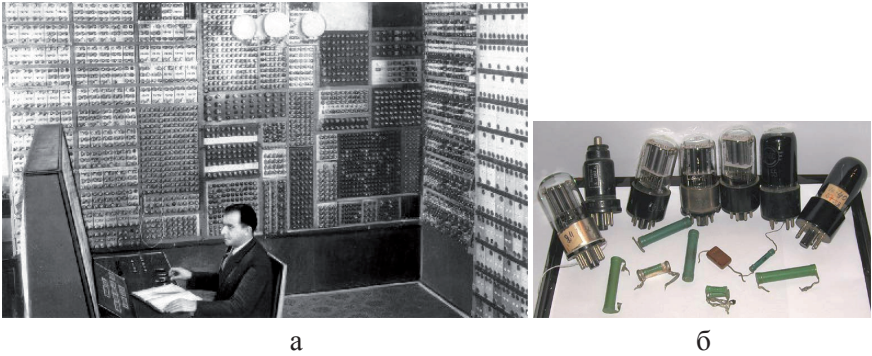


Рис. 1.16. Електронно-обчислювальна машина МЭСМ (а) та її елемента база (б)

ЕОМ МЭСМ була створена незалежно від розробок західних вчених, адже усі роботи із розробки електронно-обчислювальних машин як у західних країнах, так і у СРСР були глибоко засекречені.

Подальші роботи по створенню універсальних ЕОМ були перенесені з Києва у Москву. Наступний перелік ілюструє здобутки радянських вчених:

- 1956 р. – створена ЕОМ БЭСМ, яка має найвищу швидкодію у Європі;
- 1958 р. – створена ЕОМ М40 з найвищою швидкодією у світі;
- 1959 р. – створена ЕОМ М50 з найвищою швидкодією у світі;
- 1967 р. – створена ЕОМ БЭСМ 6, яка в інтегральному виконанні мала швидкодію один мільйон операцій в секунду.

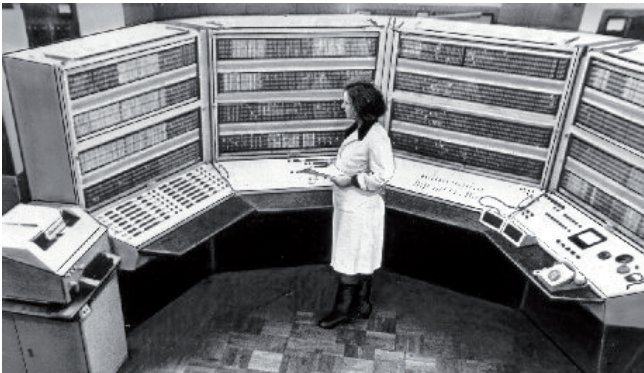


Рис. 1.17. Електронно-обчислювальна машина БЭСМ 6

БЭСМ 6 випускалась 17 років. В 1972 р. ЕОМ БЭСМ 6 придбав Лондонський музей науки і техніки.

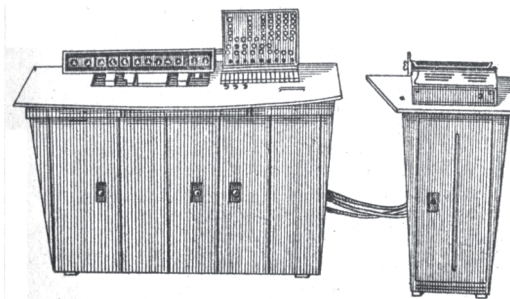
В Києві роботи із створення ЕОМ продовжив В.М. Глушков, який після від'їзду С.О. Лебедева у Москву очолив інститут кібернетики АН УРСР. Наступний короткий перелік (повний список розробок набагато більший) ілюструє розробки київського інституту кібернетики:

1961 р. – створена напівпровідникова ЕОМ Днепр для керування технологічними процесами. Ця ЕОМ випускалась 10 років. Дві ЕОМ Днепр використовувались у Байконурі для керування великим екраном під час польоту „Союз-Аполон” (основна частина розробок ІК була скерована на створення керуючих ЕОМ різного [в основному спецпризначення]);



*Рис. 1.18. ЕОМ Днепр*

1963 р. – створена напівпровідникова ЕОМ Промінь для інженерних розрахунків (100 команд, російська мова програмування, вивід на електричну друкарську машинку);



*Рис. 1.19. ЕОМ Промінь*

1965 р. – створена напівпровідникова ЕОМ Мир-1 для інженерних розрахунків (фірма ІВМ придбала одну Мир-1 для того, щоб довести

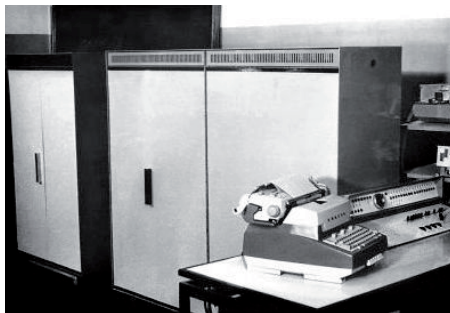
своїм конкурентам, що в СРСР був створений мікропрограмний принцип керування);

1969 р. – створена напівпровідникова ЕОМ Мир-2 для інженерних розрахунків. На цій ЕОМ вперше у світі були виконані аналітичні обчислення.



*Рис. 1.20. Електронно-обчислювальна машина Мир-2*

У 1958 р. у Московському університеті була створена ЕОМ Сетунь (П.П. Брусенцов – апаратне забезпечення, Є.А. Жоголев – програмне забезпечення), яка ґрунтувалась на трійковій системі числення. Використання трійкової системи числення і особливої елементної бази (феритових кілець із обмотками – трансфлюксорів) дало змогу створити надзвичайно просту архітектуру ЕОМ. У 1970 р. в Московському університеті була створена ЕОМ Сетунь-70, яка мала особливу систему команд (команди не мали фіксованої довжини. Команду можна було скласти з окремих частин – складів адресації і складів операцій). В Сетунь-70 були реалізовані принципи структурного програмування. Вона викликала величезний інтерес на Заході, але не була запущена у серійне виробництво в СРСР.



*Рис. 1.21. Електронно-обчислювальна машина Сетунь-70*

Передові розробки радянських вчених були перервані після прийняття ЦК КПРС секретної постанови про заборону власних розробок універсальних ЕОМ і розробку аналогів лише двох ліній:

- IBM 360/370 – серія ЕС10хх;
- PDP 11 – серія СМ.



*Рис. 1.22. Електронно-обчислювальна машина ЕС 1060*

Певний час розробки універсальних ЕОМ у всьому світі велися у трьох напрямках:

- супер-ЕОМ (Ельбрус, Cray);
- великі ЕОМ (IBM 360/370, ЕС10хх );
- міні-ЕОМ (PDP11, VAX, СМ-х).

Після створення фірмою Intel у 1971 р. мікропроцесора І4004 (тактова частота 108кГц, 2300 транзисторів, 10 мікронна технологія) розпочалися розробки мікро-ЕОМ (LSI-11, microVAX, Електроніка-60, ДВК-2). В 1975 р. на мікропроцесорі І8080 (6000 транзисторів, 10 мікронна технологія) був створений „електронний конструктор” Altair (\$397), з якого кожний бажаючий міг зібрати мікро-ЕОМ з 4 Кб оперативної пам’яті.



*Рис. 1.23. Мікро-ЕОМ Altair*

Перші зразки мікропроцесора I8080 продавались за ціною 300 \$. В 1975 р. фірма Mos Technologies випустила мікропроцесор 6502, який продавався за ціною 25\$. На цьому мікропроцесорі в 1976 р. Стефан Возняк і Стивен Джобс створили першу в світі мікро-ЕОМ Apple I, яка була орієнтована на **некваліфікованого користувача – персональний комп'ютер (personal computer)**. У 1977 р. розпочався промисловий випуск Apple II (процесор 6502, оперативна пам'ять 4 Кб, пристрій для читання/запису даних на ГМД, кольорова графіка, електронна таблиця VisiCalc).



*Рис. 1.24. Персональний комп'ютер Apple II*

Фірма Apple встановила обмеження на ціну своїх ПЕОМ – не більше \$6000 (модель Lisa, яка мала собівартість \$8000, комерційного успіху не мала). Поява на ринку ПЕОМ Apple II призвела до небаченого у історії США явища – службовці купували Apple за власні кошти для використання їх на службі! В 1977 р. фірма Commodor International випустила ПК PET, а фірма Tandy Radio Shack – TRS-80 на мікропроцесорі Z-80. У 1982 році фірма Commodor Business Machines випустила ПК Commodor. У дослідницькому центрі Palo Alto Research Center корпорації Xerox у 1973 була створена ЕОМ Alto, а у 1982 р. – Xerox Star з “мишкою” і графічним інтерфейсом.



*Рис. 1.25. Робоча станція Xerox Star Xerox Star*

У 1981 р. дванадцять інженерів фірми ІВМ під керівництвом Дона Естріджа виставила на загальний огляд свою розробку – ІВМ РС (процесор І8088 – 16-бітний з 8-бітною шиною даних і тактовою частотою 4.77 МГц, 16Кб [з можливістю розширення до 256Кб ] оперативної пам’яті, вбудований Бейсік, один [два] пристрої для роботи з 160Кб гнучкими магнітними дисками, монохромний або кольоровий дисплей Zenith, можливість використання кольорового телевізора замість дисплея). Ціна ІВМ РС з монохромним дисплеєм складала \$3000, з кольоровим – \$6000.



*Рис. 1.26. Зовнішній вигляд ІВМ РС (фірмове позначення ІВМ 5051)*

Архітектура ІВМ РС була оголошена відкритою – фірма ІВМ сподівалася у такий спосіб заощадити кошти на розробці периферійних пристроїв до своєї ПЕОМ – незалежні виробники, маючи документацію про архітектуру ІВМ РС, могли незалежно від фірми ІВМ (і за власні кошти) розробляти для ІВМ РС пристрої друку, дисплеї, пристрої читання/запису даних на магнітні диски. Однак, попри очікуваний ефект, фірма ІВМ отримала несподіваний результат – незалежні виробники, користуючись відкритою архітектурою ІВМ РС, почали виробляти ІВМ РС-подібні ПЕОМ. Певні зміни в архітектурі ІВМ РС-подібної ПЕОМ, які робилися для того, щоб уникнути судових переслідувань з боку фірми ІВМ, узгоджувались з BIOS (базовою системою вводу-виводу), і для користувача ПЕОМ ставала дуже подібною на ІВМ РС.

Скромні можливості ІВМ РС (а отже і низька конкурентноздатність) змусили фірму ІВМ незабаром розробити і виготовити нові ІВМ РС-ХТ (eXtended arhiTecture) та ІВМ РС-АТ (Advanced arhiTecture). Однак вгнатися за конкурентами, які “осіддали” відкритість архітектури ІВМ РС, фірма ІВМ вже не могла.

Не отримавши очікуваного результату від відкритості архітектури IBM PC, фірма IBM спробувала закрити архітектуру своєї нової лінії IBM PS/2 (до речі усі ПЕОМ фірми Apple мають закриту архітектуру), однак очікуваного результату це також не дало – світовий ринок вже був наповнений дешевшими IBM-подібними ПЕОМ з співмірними або й кращими характеристиками.

Скористався з відкритості архітектури IBM PC і Радянський Союз – у другій половині вісімдесятих років були розроблені ПЕОМ ЕС-1840 (Мінськ), Іскра-1030 (Смоленськ), Нейрон (Київ). Багатоплатна конструкція цих ПЕОМ стала причиною їх низької надійності. Особливе місце серед цих розробок займають “Поиск-1”, “Поиск-2” (копія IBM PC-XT), які вироблялись на Київському виробничому об’єднанні “Електронмаш”, і “Практик”, “ЕС 7978” (копія IBM PC-XT), які вироблялись на Канівському електромеханічному заводі “Магніт”. Слід наголосити на високій надійності ПЕОМ “ЕС 7978” і “Практик” – в одній із львівських шкіл “ЕС 7978” пропрацювала понад 10 років без жодного ремонту (у радянські часи Канівський завод “Магніт” виробляв прилади нічного бачення для танків і мав добре відпрацьовану технологію). Причиною низької надійності ПЕОМ “Поиск-2” у першу чергу було використання неякісних мікросхем оперативної пам’яті (білоруського виробництва). В/о “Електронмаш” і завод “Магніт” освоїли випуск ПЕОМ з процесором I80386, однак не змогли витримати конкуренції з невеличкими комп’ютерними фірмами, які масово розпочали збирати IBM PC-подібні ПЕОМ з комплектуючих, вироблених за кордоном ( у першу чергу у південно-східній Азії).

У 1980 р. на ринку професійних мікро-ЕОМ з’явилась робоча станція Apollo (32-бітний мікропроцесор, власна Unix-подібна операційна система Domain OS з графічним інтерфейсом), яка була набагато дешевшою від великих і міні-ЕОМ (кілька десятків тисяч \$ замість сотень тисяч). Нижче подані результати виконання Фортран-тесту на великій ЕОМ, суперміні-ЕОМ і робочій станції:

- IBM-360 – 780 с;
- VAX 11/780 – 667 с;
- робоча станція з мікропроцесором Motorola 68020 (f-20МГц) – 748 с.

Поява в 1985 р. 32-бітного мікропроцесора I80386 призвела до появи співмірних за потужністю з робочими станціями, але значно дешевших IBM PC-подібних ПЕОМ.

Крім IBM PC-подібних ПЕОМ та ПЕОМ фірми Apple випускались ПЕОМ інших ліній. Слід згадати Commodor (фірми Amiga), Atari (фірми Atari), ZX-Spectrum (фірми Zilog та його радіолюбительські аналоги, зроблені у Львові), ПК-Львів (розробник В. Пуйда), Праец-8, БК-0010, Корвет, Агат. Всі перераховані ПЕОМ випускались в одному корпусі з клавіатурою, використовували 8-бітні мікропроцесори різних виробників і були непристосовані до модернізації, саме тому з появою більш потужних мікропроцесорів ці ПЕОМ просто зійшли з арени.



*Рис. 1.27. ПК “Львів”*